

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2004-354176

(43)Date of publication of application : 16.12.2004

(51)Int.Cl.

601J 3/18

(21)Application number : 2003-151415

(71)Applicant : HAMAMATSU PHOTONICS KK

(22)Date of filing : 28.05.2003

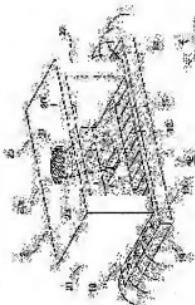
(72)Inventor : TEICHMANN HELMUT
HILLER DIETMAR
STARKER ULRICH

(54) PHOTODETECTOR AND SPECTROMETER USING IT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a photodetector capable of precisely positioning of a constitutional element when applied to a spectrometer, and to provide the spectrometer using it.

SOLUTION: The spectrometer is constituted of a photodetector 1B which is provided with a photodiode array 11 of a plurality of photodiodes 12 disposed on the upper surface 10a of the semiconductor substrate 10, and a light incident part 13 formed as an opening keeping a prescribed positional relation to the photodiode array 11, a main part 2 composed of the tabular part 20, and supports 21 and 22 placed on the substrate 10. A lens 23 provided on the under face 20b of the tabular part 20, and a planar aberration-reduced blazed reflection diffraction grating 24 separate the light incident from the light incident part 13 and passed through the lens 23 into the spectral components. The separated light spectral components are detected by the photodiode array 11.



3/1

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-354176

(P2004-354176A)

(43) 公開日 平成16年12月16日(2004.12.16)

(51) Int. Cl.⁷

G01J 3/18

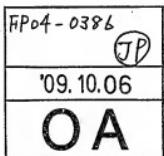
F 1

G01J 3/18

テーマコード (参考)

2 G02 O

審査請求 未請求 請求項の数 18 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2003-151415 (P2003-151415)
(22) 出願日 平成15年5月28日 (2003. 5. 28)

(71) 出願人 000236436
浜松ホトニクス株式会社
静岡県浜松市天野町 1 12 6 番地の 1
(74) 代理人 100088155
弁理士 長谷川 芳樹
(74) 代理人 100092657
弁理士 寺崎 史朗
(74) 代理人 100124291
弁理士 石田 悟
(72) 発明者 ヘルムート ティチマン
スイス國, チューリヒ シーエイチ-8
048, ムルツツエンストラッセ 42
スペクトロソリューションズ アグー内

最終頁に続く

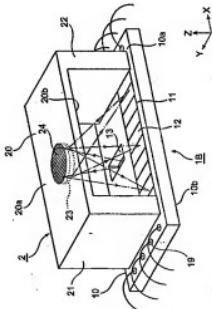
(54) 【発明の名称】光検出器及びそれを用いた分光器

(57) 【要約】

【課題】分光器に適用した場合にその構成要素の位置決め精度を向上することが可能な光検出器、及びそれを用いた分光器を提供する。

【解決手段】半導体基板 1 0 の上面 1 0 a 上に複数のフォトダイオード 1 2 を有して形成されたフォトダイオードアレイ 1 1 と、フォトダイオードアレイ 1 1 に対して所定の位置関係で形成された開口部である光入射部 1 3 とを備える光検出器 1 B を用い、基板 1 0 上に板状部 2 0 及び支持部 2 1、2 2 からなる本体 2 を設置して分光器を構成する。そして、板状部 2 0 の下面 2 0 b 上のレンズ 2 3 と、光入射部 1 3 から入射されレンズ 2 3 を通過した光を分光する板状部 2 0 の上面 2 0 a 上の収差低減反射型平面プレースド回折格子 2 4 を設け、分光された光のスペクトル成分をフォトダイオードアレイ 1 1 で検出する構成とする。

【選択図】 図 3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板と、
前記基板上に所定の配列で形成された複数の光検出素子を有する光検出素子アレイと、
前記光検出素子アレイに対して所定の位置関係で前記基板に形成された開口部を含み、前
記光検出素子で検出する光を入射するために用いられる光入射部と
を備えることを特徴とする光検出器。

【請求項 2】

前記光検出素子アレイに対して所定の位置関係で前記基板に形成された開口部、凹部、凸
部、または電極構造を含み、前記基板の一方の面上に所定の部材を位置決めして設置する
ために用いられる位置決め部を備えることを特徴とする請求項 1 記載の光検出器。 10

【請求項 3】

前記光入射部は、一つまたは複数の波長域内の光を所定の透過率で透過させる材料によつ
て充填されていることを特徴とする請求項 1 記載の光検出器。

【請求項 4】

前記光入射部内に設置され、所定の条件で光を通過させる光学部材を備えることを特徴と
する請求項 1 記載の光検出器。

【請求項 5】

前記光検出素子アレイに対して所定の位置関係で前記基板上に追加的に形成された光検出
素子を備えることを特徴とする請求項 1 記載の光検出器。 20

【請求項 6】

前記光入射部は複数の開口部を含み、

前記光検出素子アレイは、前記複数の開口部のそれぞれに対応するように形成された複数
の光検出素子アレイから構成されていることを特徴とする請求項 1 記載の光検出器。

【請求項 7】

前記光入射部に対して、光入射用の光ファイバが設けられていることを特徴とする請求項
1 記載の光検出器。

【請求項 8】

請求項 1 ~ 7 のいずれか一項記載の光検出器と、

前記基板の面に接し位置決めして設置された本体と、

前記本体の所定の面、または前記基板の所定の面上で、前記光入射部から前記光検出素子
アレイへの光路上となる所定の位置に形成された分光素子とを備え、

前記光入射部から入射した光を前記分光素子によって分光し、得られたスペクトル成分を
前記光検出素子アレイでの前記複数の光検出素子のそれぞれによって検出することを特徴
とする分光器。 30

【請求項 9】

前記光検出器は、前記光検出素子アレイに対して所定の位置関係で前記基板に形成された
開口部、凹部、凸部、または電極構造を含む検出器側位置決め部を有し、

前記本体は、前記検出器側位置決め部と嵌合することによって位置決めされる本体側位置
決め部を有することを特徴とする請求項 8 記載の分光器。 40

【請求項 10】

前記本体は、前記基板と対向する光学面が前記基板から所定の距離を隔てて配置され、そ
の内面が前記光学面となっている板状部と、前記板状部を前記基板上に支持する支持部と
を有して形成されていることを特徴とする請求項 8 記載の分光器。

【請求項 11】

前記板状部の内面上で前記光入射部からの光路上となる所定の位置に設けられたレンズと

前記板状部の外面上に前記レンズに対して位置決めして設けられ、前記レンズを通過した
光を分光する前記分光素子として機能する平面状の反射型回折格子とを備えることを特徴
とする請求項 10 記載の分光器。 50

【請求項 1 2】

前記板状部の内面または外面上で前記光入射部からの光路上となる所定の位置に設けられ、前記分光素子として機能する凹状の反射型回折格子を備えることを特徴とする請求項 1 記載の分光器。

【請求項 1 3】

前記本体は、前記基板と対向する光学面が前記基板に接するように配置され、所定波長の光を透過させる材料によって形成されていることを特徴とする請求項 8 記載の分光器。

【請求項 1 4】

前記本体の外面上で前記光入射部からの光路上となる所定の位置に設けられ、前記分光素子として機能する凹状の反射型回折格子を備えることを特徴とする請求項 1 3 記載の分光器。
10

【請求項 1 5】

前記基板の所定の面上に設けられ、前記分光素子として機能する反射型回折格子と、前記本体の所定の面上で、前記光入射部から前記反射型回折格子への光路、及び前記反射型回折格子から前記光検出素子アレイへの光路上となる所定の位置に設けられた反射ミラーと

を備えることを特徴とする請求項 8 記載の分光器。

【請求項 1 6】

前記本体及び前記本体上の光学要素は、所定の材料をモールドすることによって一体に形成されていることを特徴とする請求項 8 記載の分光器。

20

【請求項 1 7】

前記光入射部と、前記光検出素子アレイとの間に、一つまたは複数の光遮蔽部材が設置されていることを特徴とする請求項 8 記載の分光器。

【請求項 1 8】

前記分光素子は、収差補正または回折効率最適化、もしくはその両方が施されたブレーッド格子であることを特徴とする請求項 8 記載の分光器。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光検出素子アレイを備える光検出器、及びそれを用いた分光器に関するものである。

30

【0 0 0 2】

【従来の技術】

分光器（スペクトロメータ）は、測定対象となる光をプリズムや回折格子などの分光素子によって各スペクトル成分へと分解する光学装置である。このような装置では、分光素子によって分光された光のスペクトル成分を検出することにより、光の波長分布や特定波長成分の強度などを知ることができ、様々な用途に用いられている（例えば、特許文献 1 参照）。

【0 0 0 3】

【特許文献 1】

40

特開 2000-65642 号公報

【0 0 0 4】

【発明が解決しようとする課題】

回折格子等を用いた分散型の分光器では、回折格子の後段に設けられて分光された光のスペクトル成分を検出する検出手段の 1 つとして、複数のフォトダイオードが配列されたフォトダイオードアレイが用いられている。分光された光のスペクトル成分を複数のフォトダイオードのそれぞれで検出することにより、その波長分布を測定することができる。

【0 0 0 5】

一方、回折格子の前段にはスリット状の光入射部材が設けられ、測定対象として入射する光の光路や入射角度が制限される。これらの光入射部材、分光素子、及びフォトダイオード

50

ドアレイは、ハウジングを介して互いに位置決めされた状態で一体に固定される。

[0006]

ここで、このような分光器を製造する際には、高分解能で精度良い分光測定を可能とするため、光入射部材、分光素子、及びフォトダイオードアレイを高い位置決め精度で配置する必要がある。しかしながら、上記構成の分光器では、その構成要素を互いにアライメントして固定する工程が複雑であり、あるいは、各構成要素のアライメントにおいて充分な位置決め精度が得られない場合もある。また、分光器の構成を全体として小型化することが難しいという問題がある。

[0007]

本発明は、以上の問題点を解決するためになされたものであり、分光器に適用した場合にその構成要素の位置決め精度を向上することが可能な光検出器、及びそれを用いた分光器を提供することを目的とする。

10

[0008]

【課題を解決するための手段】

このような目的を達成するために、本発明による光検出器は、(1) 基板と、(2) 基板上に所定の配列で形成された複数の光検出素子を有する光検出素子アレイと、(3) 光検出素子アレイに対して所定の位置関係で基板に形成された開口部を含み、光検出素子で検出する光を入射するために用いられる光入射部とを備えることを特徴とする。

20

[0009]

上記した光検出器においては、分光器に適用した場合に分光された光のスペクトル成分の検出に用いられる光検出素子アレイと、測定対象の光を入射する光入射部の開口部とを同一の基板上に設けた構成としている。このような構成によれば、分光器の構成要素となる光検出素子アレイ及び光入射部を、あらかじめ精度良く位置決めして形成することができる。したがって、構成要素の位置決め精度を向上することが可能な光検出器が実現される。また、光検出素子アレイ及び光入射部の配置についての自由度が高くなる。なお、この光検出器は、表面照射型または裏面照射型のいずれにも構成することができる。

20

[0010]

また、光検出器は、光検出素子アレイに対して所定の位置関係で基板に形成された開口部、凹部、凸部、または電極構造を含み、基板の一方の面上に所定の部材を位置決めして設置するために用いられる位置決め部を備えることを特徴とする。このように、光入射部の開口部に加えて位置決め部を設けておくことにより、分光素子などの分光器の他の構成要素を光検出器に対して設置する際に、精度良く、かつ容易にその位置決めを行うことができる。

30

[0011]

ここで、光入射部は、一つまたは複数の波長域内の光を所定の透過率で透過させる材料によって充填されている構成としても良い。また、光入射部内に、所定の条件で光を通過させる光学部材を設置する構成としても良い。そのような光学部材としては、スリット部材、レンズ、光学フィルタなどがある。あるいは、光入射部の開口部をそのままスリットとして用いても良い。

40

[0012]

また、光検出素子アレイに対して所定の位置関係で基板上に追加的に形成された光検出素子を備えることを特徴としても良い。このような追加的な光検出素子は、例えば、0次光の検出に用いることができる。

[0013]

また、光検出器は、光入射部が複数の開口部を含み、光検出素子アレイは、複数の開口部のそれぞれに対応するように形成された複数の光検出素子アレイから構成されていることを特徴とする。このような構成によれば、2以上の入射チャンネルを有する分光器や、複数の入射チャンネルの並び線に沿って分光特性を分析する分光器など、様々な構成の分光器に適用可能な光検出器が得られる。

50

[0014]

また、光検出器は、光入射部に対して、光入射用の光ファイバが設けられていることを特徴としても良い。

【0015】

本発明による分光器は、(1)上記した光検出器と、(2)基板の面に接し位置決めして設置された本体と、(3)本体の所定の面、または基板の所定の面上で、光入射部から光検出素子アレイへの光路上となる所定の位置に形成された分光素子とを備え、(4)光入射部から入射した光を分光素子によって分光し、得られたスペクトル成分を光検出素子アレイでの複数の光検出素子のそれぞれによって検出することを特徴とする。

【0016】

上記した分光器においては、光検出素子アレイと光入射部とが同一の基板上に設けられた上記構成の光検出器を用いることにより、それらが精度良く位置決めされた分光器を得ることが可能となる。また、光検出素子アレイ及び光入射部を互いにアライメントして固定する工程が不要となるので、分光器の製造が容易となる。また、本分光器では、光検出器の基板上に本体等を設置することによって分光器を構成している。このような分光器では、オンチップ分光器の構成となるなど、分光器の構成を全体として小型化することができる。

10

【0017】

また、分光器は、光検出器が、光検出素子アレイに対して所定の位置関係で基板に形成された開口部、凹部、凸部、または電極構造を含む検出器側位置決め部を有し、本体は、検出器側位置決め部と嵌合することによって位置決めされる本体側位置決め部を有することを特徴とする。こののような位置決め部を光検出器及び本体の双方に設けることにより、分光器を製造する際のパッシブアライメントによる位置決めが可能となり、分光器の製造がさらに容易となる。

20

【0018】

光検出器上に設置される本体の構成については、本体は、基板と対向する光学面が基板から所定の距離を隔てて配置され、その内面が光学面となっている板状部と、板状部を基板上に支持する支持部とを有して形成された構成を用いることができる。

【0019】

このような本体を用いた場合における分光器の具体的な構成としては、板状部の内面上で光入射部からの光路上となる所定の位置に設けられたレンズと、板状部の外面上にレンズに対して位置決めして設けられ、レンズを通過した光を分光する分光素子として機能する平面状の反射型回折格子とを備える構成がある。あるいは、板状部の内面または外面上で光入射部からの光路上となる所定の位置に設けられ、分光素子として機能する凹状の反射型回折格子を備える構成がある。

30

【0020】

また、本体の他の構成としては、本体は、基板と対向する光学面が基板に接するように配置され、所定波長の光を透過させる材料によって形成された構成を用いることができる。

【0021】

このような本体を用いた場合における分光器の具体的な構成としては、本体の外面上で光入射部からの光路上となる所定の位置に設けられ、分光素子として機能する凹状の反射型回折格子を備える構成がある。

40

【0022】

また、分光器の他の構成としては、基板の所定の面上に設けられ、分光素子として機能する反射型回折格子と、本体の所定の面上で、光入射部から反射型回折格子への光路、及び反射型回折格子から光検出素子アレイへの光路上となる所定の位置に設けられた反射ミラーなどを備える構成がある。

【0023】

また、本体及び本体上の光学要素は、所定の材料をモールドすることによって一体に形成されていることを特徴とする。これにより、光検出器に設けられた光検出素子アレイ及び光入射部と、本体に設けられた光学要素とを精度良く位置決めすることができる。また、

50

光検出器と本体とを組み合わせた分光器の量産化が容易となる。このとき、射出成型法を用いれば、特に高精度での位置決めが可能となる。

【0024】

また、光入射部と、光検出素子アレイとの間に、光遮蔽部材、または複数の光遮蔽部材、もしくはアーチャ、または複数のアーチャが設置されていることが好ましい。これにより、分光測定における迷光の影響を低減することができる。ここで、アーチャや遮蔽は、光学部材の面にバーニングされたコーティングからなるものでも良い。この場合、遮蔽を実現するには新たな部材を用いる必要はなく、部材面をコーティングしたり、一部を黒くしたりするのみで良い。

【0025】

また、分光器は、分光素子が、収差補正または回折効率最適化、もしくはその両方が施されたブレーズド格子であることを特徴としても良い。

【0026】

【発明の実施の形態】

以下、図面とともに本発明による光検出器、及びそれを用いた分光器の好適な実施形態について詳細に説明する。なお、図面の説明においては同一要素には同一符号を付し、重複する説明を省略する。また、図面の寸法比率は、説明のものと必ずしも一致していない。

【0027】

まず、本発明による光検出器の構成について説明する。

【0028】

図1は、本発明による光検出器の一実施形態の構成を表面側から示す斜視図である。また、図2は、図1に示した光検出器の構成を裏面側から示す斜視図である。

【0029】

ここで、以下においては、説明の便宜のため、図1に示すように、光検出器の基板に直交する軸をz軸、z軸に直交して基板面を規定する2つの軸をx軸、y軸とする。また、説明上必要な場合には、x軸の負の方向、正の方向をそれぞれ左方向、右方向、y軸の負の方向、正の方向をそれぞれ前方向、後方向、z軸の負の方向、正の方向をそれぞれ下方向、上方向として説明する。

【0030】

本実施形態の光検出器1Aは、例えばシリコン(Si)などの半導体材料からなる基板10を有している。基板10の上面10a上には、複数のフォトダイオード(光検出素子)12を有するフォトダイオードアレイ(光検出素子アレイ)11が所定の配列で形成されている。このフォトダイオードアレイ11は、後述するように、本光検出器1Aを分光器に適用した場合に、分光された光のスペクトル成分の検出に用いられるものである。図1においては、フォトダイオードアレイ11は、上面10aの前方側にx軸をフォトダイオード12の配列方向として設けられている。

【0031】

また、基板10には、上面10aから下面10bへと貫通する開口部13が形成されている。この開口部13は、本光検出器1Aを分光器に適用した場合に、フォトダイオード12で検出する光を入射するための光入射部として用いられるものであり、フォトダイオードアレイ11に対して所定の位置関係で、あらかじめ位置決めされて設けられている。図1においては、光入射部13は、基板10の後方側でフォトダイオードアレイ11の略中心に近接する所定位置に、矩形スリット状の開口形状によって形成されている。

【0032】

上面10a上の後方側には、その略中心に位置する光入射部13を挟む左側及び右側の部分に、それぞれ電子回路部18が設けられている。これらの電子回路部18には、フォトダイオードアレイ11に含まれる各フォトダイオード12へのバイアス電圧の印加及び信号処理に必要な配線、回路等が設けられる。また、上面10a上の左側及び右側の端部には、それぞれボンディングワイヤを介した電気信号の入出力等に用いられる電極パッド19が設けられている。

10

20

30

40

50

【0033】

本実施形態による光検出器1Aの効果について説明する。

【0034】

図1及び図2に示した光検出器1Aにおいては、フォトダイオードアレイ11と、光入射部13となる開口部とを同一の基板10上に設けた構成としている。このような構成によれば、本光検出器1Aを分光器に適用した場合に、分光器の構成要素となるフォトダイオードアレイ11及び光入射部13を、あらかじめ精度良く位置決めして形成することができる。したがって、構成要素の位置決め精度を向上することが可能な光検出器が実現される。

【0035】

また、このような構成では、フォトダイオードアレイと光入射部とを別部材とし、互いにアライメントして固定する構成と比べて、フォトダイオードアレイ11及び光入射部13の配置についての自由度が高くなる。このような配置の自由度は、フォトダイオードアレイを有する光検出器を用いて分光器を構成する上で有効である。

【0036】

ここで、光入射部13では、基板10の下面10b側から上面10a側へと向かう方向が、本光検出器1Aを分光器に適用した場合の光の入射方向となる。この光入射部13の開口部は、好ましくは矩形状の開口形状で上面10a及び下面10bに垂直または所定角度で傾いた側面を有して形成され、測定対象として分光器へと入射する光の光路や入射角度を制限する。また、光入射部13では、測定対象となる一つまたは複数の波長域内の光を所定の透過率で透過させる材料、例えば樹脂材料、によって開口部を充填した構成としても良い。

【0037】

あるいは、光入射部13に対して、その開口部内に所定の条件で光を通過させる光学部材を設置しても良い。そのような構成としては、例えば、光入射部13内にスリット部材をはめ込む構成がある。この場合、スリット部材を入れ換えることでスリット形状を適宜変更することが可能となる。また、入射する光を集光または平行光とするレンズを配置する構成や、所定の波長帯域の光のみを選択的に透過する波長フィルタなどの光学フィルタを配置する構成など、様々な構成が可能である。

【0038】

また、光入射部13を通した光の入射方法としては、様々な構成を用いることができる。図2には、その一例として、光ファイバ61から出射された光を光入射部13の下方に位置するプリズム62で反射して入射する構成を示している。このように、基板10の下面10b側に光入射用の光ファイバを設置する場合、下面10b上に光ファイバの位置決め及び固定用のV溝等を設けておくことが好ましい。

【0039】

また、光入射部13と、フォトダイオードアレイ11との間に、所定波長の光を遮蔽する一つまたは複数の光遮蔽部材、もしくはアーバーチャを設ける構成としても良い。これにより、光検出器1Aを適用した分光器において、分光測定での迷光の影響を低減することができる。

【0040】

ここで、アーバーチャや遮蔽は、光学部材の面にバターニングされたコーティングなどからなるものでも良い。この場合、遮蔽は新たな部材である必要はなく、部材面をバターニングしたり、一部を黒くしたりするのみで良い。また、回折格子面上のバターニングされた高反射コーティングや、レンズ面上のバターニングされた吸収コーティングは、実効的なアーバーチャによる追加的な遮蔽として機能する。さらに、不要な後方反射を避けるため、レンズ面上に反射防止コーティングやその他の手段を用いることもできる。

【0041】

さらに、光検出器は、一般には、表面照射型または裏面照射型のいずれにも構成することができる。裏面照射型の場合、光は基板の表面から照射されるので、照射された光を裏面

10

20

30

40

50

で受けるために光検出素子が基板の裏面上に形成される。また、基板については、その一部または全部を薄型化しても良い。短い波長の光の検出には、裏面照射型の光検出器の使用が好ましい。

【0042】

図3は、本発明による分光器の第1実施形態の構成を示す斜視図である。また、図4は、図3に示した分光器を分解して示す斜視図である。本実施形態の分光器は、光検出器1Bと、本体2とを備えて構成されている。なお、光検出器1Bにおける基板10、複数のフォトダイオード12を有するフォトダイオードアレイ11、及び光入射部13の構成については、図1に示した光検出器1Aと同様である。

【0043】

基板10には、光入射部である開口部13に加えて、それぞれ上面10aから下面10bへと貫通する2つの開口部14、15が形成されている。これらの開口部14、15は、基板10の上面10a上に分光器を構成する他の部材を位置決めして設置するために用いられる検出器側位置決め部であり、フォトダイオードアレイ11に対して所定の位置関係で、あらかじめ位置決めされて設けられている。

【0044】

本実施形態においては、図4の分解図に示すように、位置決め部14は、基板10の後方側でフォトダイオードアレイ11の左端部に近接する所定位置に、矩形状の開口形状によって形成されている。また、位置決め部15は、基板10の後方側でフォトダイオードアレイ11の右端部に近接する所定位置に、同じく矩形状の開口形状によって形成されている。

【0045】

この光検出器1Bに対し、本体2は、基板10の上面10a上に位置決めして設置されている。この本体2は、基板10の上方に位置する板状部20と、板状部20を基板10上に支持する支持部21、22とを有して構成されている。板状部20は矩形の平板状に形成されており、その下面20bが、基板10と所定の距離を隔てて対向する光学面となっている。本分光器において測定対象となる光は、光入射部13の開口部内を通過し、その上方にある板状部20に向けて照射される。

【0046】

板状部20の左端部と基板10との間には、支持部21が設けられている。また、板状部20の右端部と基板10との間には、支持部22が設けられている。これにより、本体2は板状部20及び支持部21、22からなるブリッジ形状となっている。また、この本体2は、所定波長の光を透過する透明樹脂材料によって一体に形成されている。

【0047】

支持部21の下面側の所定位置には、図4に示すように、凸状部21aが設けられている。また、支持部22の下面側の所定位置には、同様に、凸状部22aが設けられている。これらの凸状部21a、22aは、それぞれ基板10の上面10a上に設けられた検出器側位置決め部14、15の開口部に対応する位置及び形状によって形成されている。これにより、凸状部21a、22aは、位置決め部14、15と嵌合することによって本体2と光検出器1Bとを位置決めする本体側位置決め部となっている。

【0048】

光検出器1Bの基板10に対向している板状部20の下面(内面)20b上には、光入射部13から入射する光の光路上となる所定の位置に、レンズ23が設けられている。レンズ23は、板状部20の上面(外面)20a上またはその近傍の所定位置を中心とする半球に近い形状のレンズであり、下面20b上に一定の曲率を有する曲面部分を形成することによって板状部20と一体に設けられている。

【0049】

また、板状部20の上面20a上でレンズ23の曲率中心を含む部位には、平面状の回折格子24が設けられている。回折格子24は、光入射部13から入射してレンズ23を通して通過した光を分光する分光素子である。この回折格子24は、レンズ23に対応する円形状

10

20

30

40

50

の外形を有する反射型の平面回折格子であり、その光の分散方向がフォトダイオードアレイ 1 1 でのフォトダイオード 1 2 の配列方向 (x 軸方向) と一致するように形成されている。なお、平面回折格子においても、収差を低減した反射型のプレーズド格子を用いることができる。

【0050】

以上の構成を有する分光器において、光検出器 1 B の基板 1 0 に設けられた光入射部 1 3 から分光器内へと入射した測定対象の光は、板状部 2 0 の下面 2 0 b に到達し、レンズ 2 3 によって平行光とされた後、分光素子である反射型平面回折格子 2 4 へと入射する。

【0051】

入射した光は、回折格子 2 4 によって反射されると同時にその波長によって各スペクトル成分へと分解され、レンズ 2 3 を介して基板 1 0 の上面 1 0 a に向けて出射される。そして、分光された光のスペクトル成分は、上面 1 0 a 上に設けられたフォトダイオードアレイ 1 1 へと集束されつつ入射し、それぞれ対応するフォトダイオード 1 2 によって検出される。

10

【0052】

本実施形態による分光器の効果について説明する。

【0053】

図 3 及び図 4 に示した分光器においては、フォトダイオードアレイ 1 1 と光入射部 1 3 とが同一の基板 1 0 上に設けられた上記構成の光検出器 1 B を用いて分光器が構成されている。これにより、分光器の構成要素であるフォトダイオードアレイ 1 1 及び光入射部 1 3 が精度良く位置決めされた分光器を得ることが可能となる。また、このような構成では、分光器を製造する際に、フォトダイオードアレイ 1 1 及び光入射部 1 3 を互いにアライメントして固定する工程が不要となる。したがって、分光器の製造工程を容易化することができる。

20

【0054】

また、図 3 に示す分光器は、分光素子である回折格子 2 4 が設けられた本体 2 を、フォトダイオードアレイ 1 1 及び光入射部 1 3 が設けられた光検出器 1 B の基板 1 0 上に設置することによって構成されている。このような分光器では、そのオンチップ構造により、分光器の構成を全体として小型化することができる。

30

【0055】

また、本実施形態においては、光検出器 1 B と本体 2 とは、検出器側位置決め部 1 4、1 5 である開口部と、本体側位置決め部 2 1 a、2 2 a である凸状部とが嵌合することによって位置決めして固定されている。このように、光検出器 1 B 及び本体 2 の双方に位置決め部を設ける構成では、分光器を製造する際のバッシブアライメントによる位置決めが可能となり、分光器の製造がさらに容易となる。また、これらの光検出器 1 B 及び本体 2 により、分光器の各構成要素が 3 次元に精度良く位置決めされて配置されることとなるので、完全なセルフアライメントが可能なチップサイズの分光器が実現される。

40

【0056】

ここで、本実施形態においては、測定対象の光が板状部 2 0 の板の所定部分の材料を通過する構成となっている。このため、本体 2 として、透明樹脂材料によって一体に形成された光学体を用いている。この本体 2 については、少なくとも測定対象の光が通過する部分が透明体であれば良い。例えば、図 3 の構成では、板状部 2 0 を透明樹脂材料により、また、支持部 2 1、2 2 を不透明な樹脂材料により形成しても良い。

【0057】

また、本体の内部を光が通過しない場合には、本体の全体を不透明な樹脂材料により形成しても良い。このような構成では、本体自体が光遮蔽部材として機能する。また、樹脂材料以外にも、ガラス材料などの他の材料を用いても良い。また、本体 2 の形状については、図 3 においては、板状部 2 0 に対して左辺側及び右辺側にそれぞれ支持部 2 1、2 2 を設けたブリッジ形状としたが、板状部 2 0 を囲む 4 辺それぞれに支持部を設ける構成としても良い。

50

【0058】

反射型の平面回折格子を使用した上記実施形態では、回折格子の前後左右への位置ずれに対するトレランスは大きくとれるが、以下のような方法で位置決めの精度を向上しても良い。

【0059】

すなわち、検出器側位置決め部14、15である開口部をx軸方向に上面が開いたテープ形状とし、本体側位置決め部21a、22aを同様にx軸方向に下面が狭くなる凸状部とすることにより、直方体形状の凸状部を用いる場合に比べてx軸方向の位置決め精度を向上することができる。

【0060】

さらに、本体2をブリッジ形状ではなく伏せた橋形状として、基板10の前後にy軸方向に上面が開いたテープ形状の検出器側位置決め部を設け、本体2の下面にy軸方向に下面が狭くなった凸状の本体側位置決め部を設けることにより、y軸方向の位置決め精度も向上させる構成としても良い。

10

【0061】

この際、基板10の左右に設けられるx軸方向の位置決め部では、y軸方向に関して開口部の幅を凸状部の幅より広くしてトレランスを設け、基板10の前後に設けられるy軸方向の位置決め部では、逆にx軸方向に関して開口部の幅を凸状部の幅より広くしてトレラントスを設けることにより、x軸方向の位置決めを基板10の左右方向の位置決め部が担当し、y軸方向の位置決めを基板10の前後方向の位置決め部で担当させることが好ましい。また、x軸方向とy軸方向の位置決めを左右部と前後部で分担する例について述べたが、テープをx軸方向及びy軸方向の双方に設けることによって、左右部だけで位置決めの精度を向上させる構成としても良い。

20

【0062】

また、本体2の形成方法については、本体上に形成されたレンズ23や回折格子24などの光学要素を含む本体2の全体を、樹脂材料などの所定の材料をモールドすることによって一体に形成することが好ましい。これにより、光検出器1Bに設けられたフォトダイオードアレイ11及び光入射部13と、本体2に設けられたレンズ23、回折格子24などの光学要素とを精度良く位置決めすることができる。

30

【0063】

この場合、特に、本体を精密に製造することが可能な射出成型法を用いることが好ましい。また、このような方法で形成された本体2と、フォトダイオードアレイ11及び光入射部13があらかじめ位置決めされて形成された光検出器1Bとを組み合わせることにより、許容されるアライメント誤差が大幅に低減されると同時に、小型で高精度の分光器を量産化することが可能となる。

【0064】

また、上記構成では、レンズ23として、板状部20の下面20b上に形成された曲面部分を用いている。この場合のレンズ23の光学特性は、板状部20の材料、厚さ、レンズ面の中心位置、曲率半径などによって設定される。また、レンズ23として、非球面形状のものを用いて収差をよりいっそう低減させても良い。一方、板状部20の上面20a上の反射型平面回折格子24については、射出成型法等による本体2の形成時にプレーズド格子などの回折格子パターンを形成した後、パターンが形成された部位にアルミニウムなどによる反射コートを施す構成が用いられる。

40

【0065】

また、この回折格子24は、収差が低減されたプレーズド格子であること、例えば収差補正または回折効率最適化、もしくはその両方が施されたプレーズド格子、が好ましい。分光素子として用いられる回折格子の種類や回折格子パターン等については、具体的には様々なものを使いて良い。また、本体2の材質や回折格子の線密度等を適切に設定することにより、温度変化に対して分光特性が変化しない構成とすることが好ましい。また、各部の外面を必要に応じて黒くすることが好ましい。

50

【0066】

光検出器 1B の基板 10 に設けられる位置決め部 14、15 については、図 4においては、矩形状の開口形状で形成された開口部を示している。この場合、開口部の側面が本体 2 の位置決め部 21a、22a での凸状部の側面と接し、これによって x 軸、y 軸方向の位置決めがなされる。この位置決め部 14、15 の開口形状については、嵌合される本体 2 の位置決め部 21a、22a の形状と合わせて適宜設定して良い。

【0067】

また、この位置決め部 14、15 については、開口部に限らず、凹部、凸部、または電極構造としても良い。ただし、いずれの場合も、フォトダイオードアレイ 11 に対して位置決めして形成することが必要である。また、凹部や凸部などの検出器側位置決め部は、基板の下面上に設けても良い。この場合、本体をクリップ状の形状など、本体の上部及び下部の間に光検出器の基板を挟み込む形状とし、本体側位置決め部を本体の下部に設けることが好ましい。

【0068】

図 5 は、本発明による分光器の第 2 実施形態の構成を示す斜視図である。本実施形態の分光器は、光検出器 1C と、本体 3 を備えて構成されている。なお、図 5 においては、後述する上面に設けられた回折格子 32 を除き、本体 3 を破線によって図示している。

【0069】

光検出器 1C は、シリコンなどからなる半導体基板 10 を有している。基板 10 の上面 10a 上には、複数のフォトダイオード 12 を有するフォトダイオードアレイ 11 が所定の配列で形成されている。図 5 においては、フォトダイオードアレイ 11 は、上面 10a の y 軸について略中央で x 軸について右方側に、x 軸をフォトダイオード 12 の配列方向として設けられている。

【0070】

基板 10 の略中央でフォトダイオードアレイ 11 の左側となる所定位置には、矩形スリット状の開口部からなる光入射部 13 が設けられている。また、本実施形態の光検出器 1C においては、フォトダイオードアレイ 11 に含まれている複数のフォトダイオード 12 とは別に、フォトダイオード 16 が形成されている。このフォトダイオード 16 は、光入射部 13 の左側となる所定位置に設けられている。

【0071】

基板 10 には、光入射部である開口部 13 に加えて、上面 10a 上で基板 10 の 4 隅近傍の所定位置に、それぞれ凹部 17 が形成されている。これらの 4 つの凹部 17 は、基板 10 の上面 10a 上に本体 3 を位置決めして設置するための検出器側位置決め部である。

【0072】

この光検出器 1C に対し、本体 3 は、基板 10 の上面 10a 上に位置決めして設置されている。この本体 3 は、所定波長の光を透過する透明樹脂材料によって一体に形成された直方体状の本体部 30 からなり、その下面 30b が、基板 10 の上面 10a に接する光学面となっている。

【0073】

本体部 30 の下面 30b には、基板 10 の上面 10a 上に設けられた凹状の位置決め部 17 に嵌合する凸状の本体側位置決め部（図示していない）が設けられている。また、本体部 30 の下面 30b 側の所定部位は、不透明な樹脂材料からなる光遮蔽部 31 となっている。この光遮蔽部 31 は、図 5 に示すように、基板 10 上に本体 3 を設置したときに、光入射部 13 とフォトダイオード 16 との間に配置される光遮蔽部材であり、本体部 30 内にはめ込まれるように形成されている。

【0074】

本体部 30 の上面（外面）30a 上には、光入射部 13 から入射する光の光路上となる所定の位置に、回折格子 32 が設けられている。回折格子 32 は、光入射部 13 から入射した光を分光する分光素子であり、基板 10 側からみて凹面状に形成されている。この回折格子 32 は、反射型の凹面回折格子であり、その光の分散方向がフォトダイオードアレイ

1 1 でのフォトダイオード 1 2 の配列方向と一致するように形成されている。

【 0 0 7 5 】

以上の構成を有する分光器において、光検出器 1 C の基板 1 0 に設けられた光入射部 1 3 から分光器内へと入射した測定対象の光は、本体部 3 0 の上面 3 0 a に到達し、分光素子である反射型凹面回折格子 3 2 へと入射する。

【 0 0 7 6 】

入射した光は、回折格子 3 2 によって反射されると同時にその波長によって各スペクトル成分へと分解され、基板 1 0 の上面 1 0 a に向けて出射される。そして、分光された光のスペクトル成分は、基板 1 0 の上面 1 0 a 上に設けられたフォトダイオードアレイ 1 1 へと集束されつつ入射し、それぞれ対応するフォトダイオード 1 2 によって検出される。また、回折格子 3 2 からの 0 次光は、フォトダイオードアレイ 1 1 とは別に設けられたフォトダイオード 1 6 へと入射して検出される。

【 0 0 7 7 】

本実施形態による分光器の効果について説明する。

【 0 0 7 8 】

図 5 に示した分光器においては、フォトダイオードアレイ 1 1 と光入射部 1 3 とが基板 1 0 上に設けられた光検出器 1 C を用いることにより、図 3 に示した分光器と同様に、構成要素が精度良く位置決めされた分光器が得られる。また、アライメント工程が不要となることにより、分光器の製造工程を容易化することができる。

【 0 0 7 9 】

また、本実施形態においては、ブリッジ形状で中空な本体に代えて直方体形状で中のつまつた本体 3 を用いている。また、分光素子としては、レンズ及び反射型平面回折格子に代えて反射型凹面回折格子 3 2 を用いている。このような構成によても、測定対象の光に対する分光測定を好適に行うことができる。このような反射型凹面回折格子 3 2 としては、本体部 3 0 の上面 3 0 a 上に形成された凹状の曲面部分に回折格子パターンを形成し、アルミニウムなどによる反射コートを施す構成が用いられる。

【 0 0 8 0 】

また、反射型凹面回折格子は、ブリッジ形状の構成、または板状部を囲む 4 辺それぞれに支持部を設ける構成の本体に適用することも可能である。この場合、板状部の上面または下面に形成された凹状の曲面部分に回折格子パターンを形成し、アルミニウムなどによる反射コートを施す構成が用いられる。また、板状部の下面に反射型凹面回折格子を設けた場合には、本体の内部を光が通過することがない。したがって、本体の金体を不透明な樹脂材料等によって形成し、光遮蔽部材として機能させても良い。

【 0 0 8 1 】

図 5 に示した分光器における分光特性等についてさらに説明する。ここでは、分光器の具体的な構成について、基板 1 0 から本体 3 に設けられた凹面回折格子 3 2 までの高さを 8 . 5 7 m m とし、分光器の開口数 N A を通常の光ファイバの開口数に合わせるものとする。回折格子 3 2 の具体的な回折格子パターンについては、パターンの線密度を平均で 1 0 0 0 本 / m m とし、分光器の分光特性が最適化されるように各位置で線密度を変化させた回折格子パターンを用いている。

【 0 0 8 2 】

図 6 は、図 5 に示した分光器において分光される光の各スペクトル成分の光路を分散方向について示す正面図である。また、図 7 は、光の各スペクトル成分の光路を分散がない方向について示す側面図である。また、ここでは、基板 1 0 に設けられた光入射部 1 3 のスリット長さ (y 軸方向) を 1 m m 、スリット幅 (x 軸方向) を 8 0 μ m としている。

【 0 0 8 3 】

この光路図においては、光入射部 1 3 から入射した光が反射型凹面回折格子 3 2 によって反射されるとともに分光される。そして、分光された光のスペクトル成分 $a_1 \sim a_3$ 、 $b_1 \sim b_3$ 、 $c_1 \sim c_3$ が、それぞれフォトダイオードアレイ 1 1 上の対応する位置に集束している。これにより、測定対象となる光の分光測定が行われる。

【0084】

特に、上記した例のように光入射部及びフォトダイオードアレイと分光素子との間の距離が8mm程度と小さい場合、高精度で分光測定を行うには、分光器の各構成要素が精度良く位置決めされていくことが必要である。これに対して、光入射部13及びフォトダイオードアレイ11が基板10に形成された光検出器1Cを用いる上記構成によれば、このような高精度での分光測定が可能となる。

【0085】

図8は、基板の上面に設けられたフォトダイオードアレイにおける光の各スペクトル成分のスポット形状の一例を示す平面図である。ここでは、光入射部13のスリット長さを1mm、スリット幅を仮想的に $0\mu\text{m}$ としている。このスポット図においては、分光された光のスペクトル成分によるスポット $a_1 \sim a_3$ 、 $b_1 \sim b_3$ 、 $c_1 \sim c_3$ を示している。

10

【0086】

これらのスポットはそれぞれ、スポット a_1 が波長 $\lambda = 400\text{nm}$ 、 a_2 が 415nm 、 a_3 が 430nm 、 b_1 が 560nm 、 b_2 が 575nm 、 b_3 が 590nm 、 c_1 が 730nm 、 c_2 が 745nm 、 c_3 が 760nm のスペクトル成分に対応している。図8に示すように、これらのスポットがx軸に沿って分散されて分かれていることがわかる。

20

【0087】

また、この例では、スポット長さは 1.54mm 、全体でのスポット幅は 3.2mm となっている。この場合、フォトダイオードアレイ11としては、そのy軸方向の長さが 1.5mm 程度のフォトダイオードピクセルが配列されたフォトダイオードアレイを用いることが好ましい。

20

【0088】

図9は、フォトダイオードアレイにおける光の各スペクトル成分のスポット形状の他の例を示す平面図である。ここでは、光入射部13のスリット長さを 1mm 、スリット幅を $80\mu\text{m}$ としている。このスポット図においては、分光された光のスペクトル成分によるスポット $a_1 \sim a_3$ 、 $b_1 \sim b_3$ 、 $c_1 \sim c_3$ を示している。この例では、スポット長さは図8と同様に 1.54mm となっている。

30

【0089】

図10は、フォトダイオードアレイにおける光の各スペクトル成分のスポット形状の他の例を示す平面図である。ここでは、光入射部13のスリット長さを 2mm 、スリット幅を $80\mu\text{m}$ としている。このスポット図においては、分光された光のスペクトル成分によるスポット $a_1 \sim a_3$ 、 $b_1 \sim b_3$ 、 $c_1 \sim c_3$ を示している。この例では、スポット長さは 2.5mm となっている。この場合、フォトダイオードアレイ11としては、そのy軸方向の長さが 2.5mm 程度のフォトダイオードピクセルが配列されたフォトダイオードアレイを用いることが好ましい。

30

【0090】

本発明による光検出器、及びそれを用いた分光器は、上述した実施形態に限られるものではなく、様々な変形が可能である。例えば、上記実施形態では、いずれも基板10での光入射部13を1つのみとしているが、複数の開口部によって光入射部を構成しても良い。この場合、フォトダイオードアレイを、複数の開口部のそれぞれに対応するように形成された複数のフォトダイオードアレイから構成することが好ましい。このような構成によれば、2以上の入射チャンネルを有する分光器や、複数の入射チャンネルの並び線に沿って分光特性を分析する分光器など、様々な構成の分光器を実現することができる。

40

【0091】

また、分光器の他の構成としては、基板の所定の面上に設けられ、分光素子として機能する反射型回折格子と、本体の所定の面上で、光入射部から反射型回折格子への光路、及び反射型回折格子から光検出素子アレイへの光路上となる所定の位置に設けられた反射ミラーとを備える構成がある。このような構成によっても、測定対象の光に対する分光測定を好適に行なうことができる。

【0092】

50

また、上記実施形態では、いずれも光学体である本体が光検出器の基板上に設置される構成としているが、基板が本体よりも小さい構成としても良い。一般には、本体は、基板の面に接し位置決めして設置されていれば良い。また、基板からの電気信号の入出力については、ワイヤボンディングを用いずに、フリップチップボンディング技術を用いても良い。

【0093】

また、図1及び図2に関して上述したように、光入射部の開口部内に光学部材を設置しても良い。図11(a)～(c)に、そのような光学部材の例を示す。図11(a)には、高反射コーティングされた面63aを有するプリズム部材63を基板10の下側から光入射部13に挿入した構成を示している。このプリズム部材63は、光ファイバ61から出射された光を光入射部13を介して入射させるものである。また、図11(b)には、テーパ形状の光入射部13内にフィルタガラス部材64を位置決め設置した構成を示している。また、図11(c)には、テーパ形状の光入射部13内にレンズ部材65を位置決め設置した構成を示している。

【0094】

【発明の効果】

本発明による光検出器、及びそれを用いた分光器は、以上詳細に説明したように、次のような効果を得る。すなわち、分光器に適用した場合に分光された光のスペクトル成分の検出に用いられる光検出素子アレイと、測定対象の光を入射する光入射部の開口部とを同一の基板上に設けた構成によれば、分光器の構成要素となる光検出素子アレイ及び光入射部を、あらかじめ精度良く位置決めして形成することができる。したがって、構成要素の位置決め精度を向上することが可能な光検出器及び分光器が実現される。

【0095】

また、光検出素子アレイ及び光入射部の配置についての自由度が高くなり、同時に、分光器の小型化が可能となる。また、光検出素子アレイ及び光入射部を互いにアライメントして固定する工程が不要となるので、分光器の製造が容易となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】光検出器の一実施形態の構成を表面側から示す斜視図である。

【図2】図1に示した光検出器の構成を裏面側から示す斜視図である。

【図3】分光器の第1実施形態の構成を示す斜視図である。

【図4】図3に示した分光器を分解して示す斜視図である。

【図5】分光器の第2実施形態の構成を示す斜視図である。

【図6】図5に示した分光器において分光される光の各スペクトル成分の光路を示す正面図である。

【図7】図5に示した分光器において分光される光の各スペクトル成分の光路を示す側面図である。

【図8】基板の上面における光の各スペクトル成分のスポット形状の一例を示す平面図である。

【図9】基板の上面における光の各スペクトル成分のスポット形状の他の例を示す平面図である。

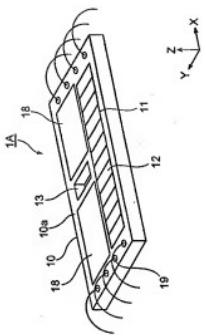
【図10】基板の上面における光の各スペクトル成分のスポット形状の他の例を示す平面図である。

【図11】光入射部の開口部内に設置される光学部材の例を示す図である。

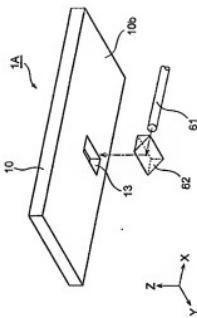
【符号の説明】

1A、1B、1C…光検出器、10…半導体基板、11…フォトダイオードアレイ、12…フォトダイオード、13…光入射部、14、15、17…検出器側位置決め部、16…フォトダイオード、18…電子回路部、19…電極パッド、2、3…本体、20…板状部、21、22…支持部、21a、22a…本体側位置決め部、23…レンズ、24…反射型平面回折格子、30…本体部、31…光遮蔽部、32…反射型平面回折格子。

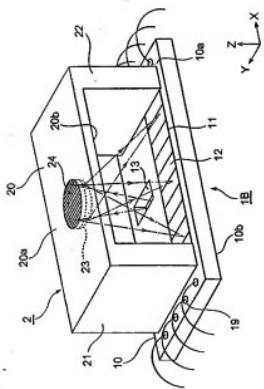
【図 1】



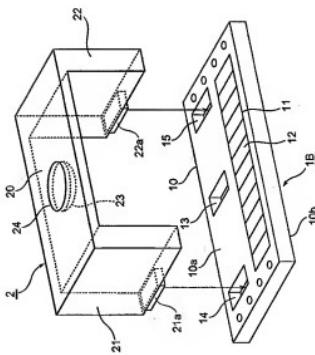
【図 2】



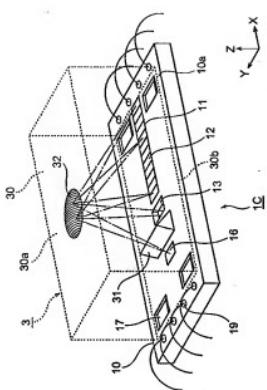
【図 3】



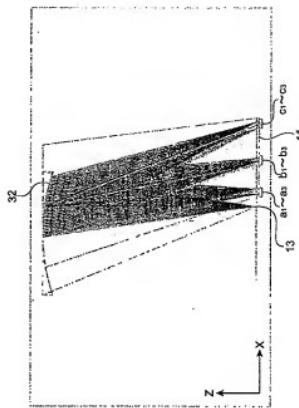
【図 4】



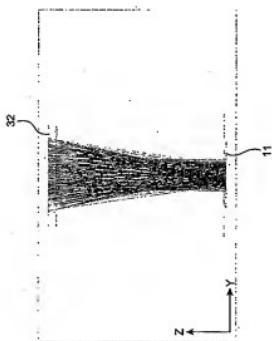
【図 5】



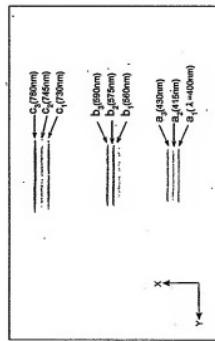
【図 6】



【図 7】

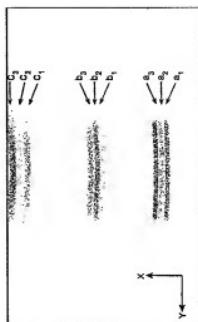
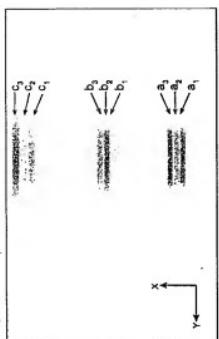


【図 8】

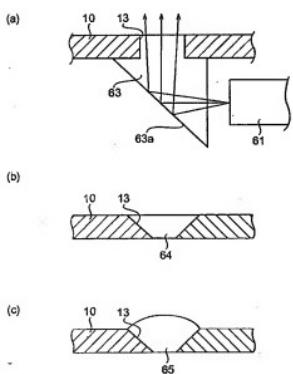


【図 9】

【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

(72)発明者 ディエトマル ヒラル
スイス国, チューリヒ シーエイチー 8048, ムルツツェンストラッセ 42 スペクトロソ
リューションズ アーゲー内

(72)発明者 ウルリッチ スタルケル
スイス国, チューリヒ シーエイチー 8048, ムルツツェンストラッセ 42 スペクトロソ
リューションズ アーゲー内

F ターム(参考) 2G020 CC04 CC43 CC63 CD04 CD11 CD24